



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**16.06.2021 Patentblatt 2021/24**

(51) Int Cl.:  
**H01J 35/30 (2006.01) H01J 35/06 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **19215135.5**

(22) Anmeldetag: **11.12.2019**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Siemens Healthcare GmbH**  
**91052 Erlangen (DE)**

(72) Erfinder: **Fritzler, Anja**  
**91052 Erlangen (DE)**

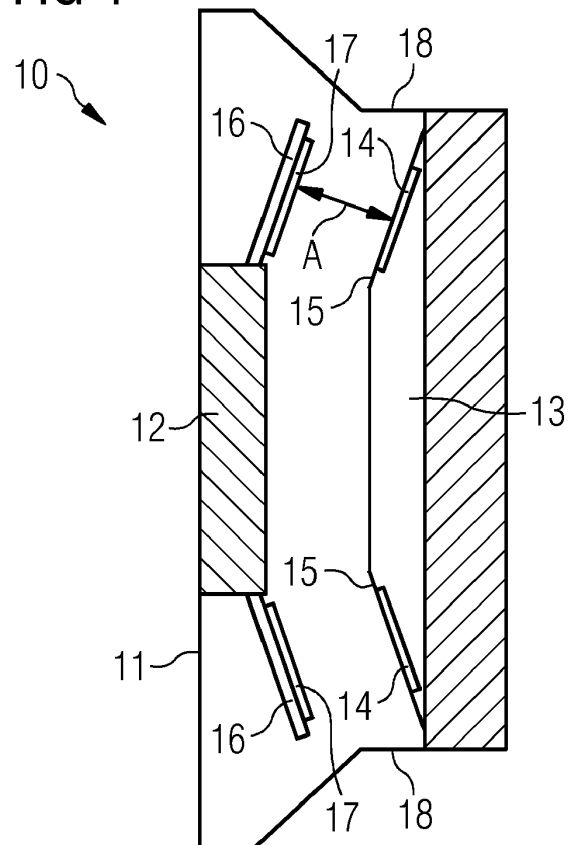
(54) **RÖNTGENRÖHRE MIT GERINGERER EXTRA-FOKALER RÖNTGENSTRAHLUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Drehkolben-Röntgenröhre, einen Drehkolben-Röntgenstrahler, eine Röntgeneinrichtung und einen Computertomograph.

Die erfindungsgemäße Drehkolben-Röntgenröhre weist

- ein Vakuumgehäuse,
- eine Kathode und
- einen Anodenteller mit einer ringförmigen Brennbahn zur Generierung von Röntgenstrahlung mittels Elektronen auf,
- wobei der Anodenteller kegelförmig ist und die ringförmige Brennbahn auf einer Mantelfläche des Anodentellers angeordnet ist,
- wobei in dem Vakuumgehäuse die Kathode und der Anodenteller relativ zueinander drehfest angeordnet sind,
- wobei die Kathode einen Kathodenträger und mehrere ringförmig auf dem Kathodenträger angeordnete Feldefekt-Emitternadeln zur Emission der Elektronen aufweist und
- wobei die Kathode derart ausgebildet ist, dass die emittierten Elektronen in einem Einfallswinkel kleiner 15° auf der Brennbahn auftreffen.

**FIG 1**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Drehkolben-Röntgenröhre, einen Drehkolben-Röntgenstrahler, eine Röntgeneinrichtung und einen Computertomographen.

**[0002]** In einer herkömmlichen Drehkolben-Röntgenröhre ist üblicherweise eine Kathode mittig über einer Anode platziert. Von der Kathode emittierte Elektronen werden üblicherweise mittels einer elektromagnetischen und/oder einer elektrostatischen Vorrichtung auf eine Brennbahn der Anode hin abgelenkt, insbesondere fokussiert, zur Generierung von Röntgenstrahlung. Typischerweise ist ein Einfallswinkel der abgelenkten Elektronen auf der Anode groß, beispielsweise größer als 30°, wobei vergleichsweise viele Elektronen zurückgestreut werden. Ein Nachteil kann entstehen, wenn die zurückgestreuten Elektronen zumindest teilweise auf ein ringförmiges Austrittsfenster der Drehkolben-Röntgenröhre auftreffen, wobei eine extra-fokale Röntgenstrahlung entstehen und typischerweise bildqualitätsmindernd wirken kann.

**[0003]** In der US 2018 / 0 075 997 A1 ist eine Röntgenröhre mit ringförmig angeordneten Kathodenteilen beschrieben, welche individuell schaltbar sind.

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Drehkolben-Röntgenröhre, einen Drehkolben-Röntgenstrahler, eine Röntgeneinrichtung und einen Computertomographen mit geringerer extra-fokaler Röntgenstrahlung anzugeben.

**[0005]** Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

**[0006]** Die erfindungsgemäße Drehkolben-Röntgenröhre weist

- ein Vakuumgehäuse,
- eine Kathode und
- einen Anodenteller mit einer ringförmigen Brennbahn zur Generierung von Röntgenstrahlung mittels Elektronen auf,
- wobei der Anodenteller kegelförmig ist und die ringförmige Brennbahn auf einer Mantelfläche des Anodentellers angeordnet ist,
- wobei in dem Vakuumgehäuse die Kathode und der Anodenteller relativ zueinander drehfest angeordnet sind,
- wobei die Kathode einen vom Vakuumgehäuse zumindest teilweise beabstandeten Kathodenträger und mehrere ringförmig auf dem Kathodenträger angeordnete Feldeffekt-Emitternadeln zur Emission der Elektronen aufweist und
- wobei die Kathode derart ausgebildet ist, dass die emittierten Elektronen in einem Einfallswinkel kleiner 15° auf der Brennbahn auftreffen.

**[0007]** Der Einfallswinkel der Elektronen ist derart definiert, dass ein Einfallswinkel von 0° einem senkrechten Auftreffen der Elektronen auf einer Oberfläche der

Brennbahn entspricht.

**[0008]** Die Drehkolben-Röntgenröhre ist insbesondere für eine medizinische Bildgebung und/oder bildgebungsbasierte Werkstoffprüfung geeignet. Die Drehkolben-Röntgenröhre unterscheidet sich von einer herkömmlichen Drehanoden-Röntgenröhre darin, dass die Kathode der Drehkolben-Röntgenröhre typischerweise sich mit dem Anodenteller der Drehkolben-Röntgenröhre gemeinsam dreht. In einer herkömmlichen Stehanoden-Röntgenröhre rotiert typischerweise weder die Kathode noch die Anode relativ zu einem Vakuumgehäuse der Stehanoden-Röntgenröhre. Die Elektronen werden typischerweise von der Kathode zum Anodenteller hin beschleunigt, beispielsweise mit einer Beschleunigungsspannung größer 20 kV und/oder kleiner 150 kV.

**[0009]** Das Vakuumgehäuse weist üblicherweise Metall und/oder Glas auf. Das Vakuumgehäuse kann zylindrisch sein. Das Vakuumgehäuse kann teilweise kegelförmig sein. Insbesondere ein ringförmiges Austrittsfenster des Vakuumgehäuses kann das Glas aufweisen. Das ringförmige Austrittsfenster des Vakuumgehäuses ermöglicht vorteilhafterweise ein Austreten der auf der Brennbahn generierten Röntgenstrahlung aus dem Vakuumgehäuse heraus. Das Metall des Vakuumgehäuses ist typischerweise geerdet, insbesondere schutzleiterverbunden. Über das Metall des Vakuumgehäuses kann insbesondere ein elektrischer Strom von an der Anode zurückgestreuten Elektronen abgeführt werden. Das Vakuumgehäuse ist üblicherweise evakuiert.

**[0010]** Der kegelförmige Anodenteller ist typischerweise kegelförmig. Der Anodenteller ist vorteilhafterweise rotationssymmetrisch. Der kegelförmige Anodenteller kann im Wesentlichen einer flachen Scheibe mit einem entlang einer z-Achse variierendem Radius entsprechen. Ein Innenwinkel des kegelförmigen Anodentellers, insbesondere ein Anodenwinkel, ist typischerweise größer 0° und kleiner 90°, vorteilhafterweise zwischen 1° und 40°, besonders vorteilhafterweise zwischen 7° und 20°. Die Mantelfläche des Anodentellers, insbesondere eine Fläche mit dem entlang der z-Achse variierendem Radius, weist insbesondere die Brennbahn auf. Die ringförmige Brennbahn mit einer Ausdehnung entlang der z-Achse größer null kann insbesondere kegelförmig sein, insbesondere mit einem Innenwinkel kleiner 90°, wobei der Innenwinkel der Brennbahn dem Innenwinkel des kegelförmigen Anodentellers im Wesentlichen entsprechen kann.

**[0011]** Der Anodenteller weist typischerweise eine erste Materialschicht zur Generierung der Röntgenstrahlung auf. Die erste Materialschicht weist beispielsweise Wolfram und/oder Gold auf. Der Anodenteller kann zusätzlich eine zweite Materialschicht mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit und/oder mit einer höheren Wärmekapazität als die erste Materialschicht, insbesondere zu einer Kühlung der ersten Materialschicht, aufweisen. Die zweite Materialschicht weist beispielsweise Titan-Zirkon-Molybdän und/oder Kupfer auf. Die erste Materialschicht und die zweite Materialschicht können insbeson-

dere in sich überlappenden Schichten in dem Anodenteller angeordnet sein. Insbesondere die Mantelfläche des kegelförmigen Anodentellers weist die erste Materialschicht auf.

**[0012]** Die ringförmige Brennbahn des Anodentellers kann insbesondere durch ein Auftreffen der Elektronen angeordnet werden, typischerweise eingepreßt werden. Die Brennbahn kennzeichnet insbesondere einen Bereich des Anodentellers mit einer während des Betriebs des Anodentellers stärksten Wechselwirkung mit den auftreffenden Elektronen. Die Brennbahn ist insbesondere dort auf dem Anodenteller angeordnet, wo der Anodenteller die erste Materialschicht aufweist. Die Brennbahn des Anodentellers ist insbesondere ringförmig aufgrund der Rotation des Anodentellers. Dadurch kann vorteilhafterweise eine Wärmeentwicklung der auftreffenden Elektronen über einen größeren Bereich des Anodentellers verteilt werden, als wenn anstatt der ringförmigen Brennbahn ein ortsfester Brennfleck, insbesondere der herkömmlichen Stehanode, mit den Elektronen wechselwirkt.

**[0013]** Die ringförmige Brennbahn weist üblicherweise einen variierenden Brennfleck auf. Der variierende Brennfleck variiert typischerweise mit der Zeit und/oder hängt typischerweise von der Rotation des Anodentellers ab. Der variierende Brennfleck ist insbesondere der Bereich der Brennbahn, der zu dem jeweiligen Zeitpunkt mit den Elektronen zur Generierung der Röntgenstrahlung wechselwirkt. Insbesondere ist der Brennfleck der Bereich der Brennbahn, an welchem die Elektronen insbesondere dann auftreffen, wenn die zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln angeschaltet wird.

**[0014]** Die drehfeste Anordnung der Kathode und des Anodentellers bewirkt insbesondere, dass die Kathode und der Anodenteller sich gemeinsam mit derselben Drehgeschwindigkeit drehen. Üblicherweise ist das Vakuumgehäuse mit der Kathode und dem Anodenteller derart verbunden, dass das Vakuumgehäuse, die Kathode und der Anodenteller sich gemeinsam mit derselben Drehgeschwindigkeit drehen, insbesondere in anderen Worten gegeneinander nicht verdreht werden können.

**[0015]** Der Kathodenträger ermöglicht insbesondere das Anordnen der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln. Der Kathodenträger ist insbesondere kein Teil des Vakuumgehäuses. Der Kathodenträger ist vom Vakuumgehäuse zumindest teilweise beabstandet. Der Kathodenträger ist insbesondere in einem Randbereich des Kathodenträgers vom Vakuumgehäuse beabstandet. Der Kathodenträger kann einen zentralen Bereich aufweisen, in welchem der Kathodenträger mit dem Vakuumgehäuse verbunden ist. Der Kathodenträger kann ringförmig und/oder tellerförmig und/oder rotationssymmetrisch sein. Der Kathodenträger kann beispielsweise Metall und/oder einen hitzebeständigen Kunststoff, beispielsweise Epoxidharz, aufweisen. Der Kathodenträger mit den mehreren Feldeffekt-Emitternadeln weist üblicherweise dieselbe Drehgeschwindigkeit auf wie die Ka-

thode.

**[0016]** Die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln sind vorzugsweise in einem kontinuierlichen Ring angeordnet. Alternativ oder zusätzlich können die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln in mehreren Reihen mit unterschiedlichem Radius ringförmig angeordnet sein. Vorzugsweise ist ein Abstand zwischen den mehreren Feldeffekt-Emitternadeln so gering und/oder die Drehgeschwindigkeit so hoch, dass eine thermische Überbelastung einer angeschalteten Feldeffekt-Emitternadel vermieden werden kann. Grundsätzlich ist es denkbar, dass die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln in verschiedene Pixel unterteilt sind, welche vorzugsweise gruppenweise angeschaltet oder abgeschaltet werden können. Zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln kann vorzugsweise individuell, insbesondere unabhängig von den anderen Feldeffekt-Emitternadeln, angeschaltet oder abgeschaltet werden. Die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln, insbesondere in der Anordnung in mehreren Reihen, ermöglichen vorteilhafterweise einen Brennfleck mit verschiedenen Größen vorgeben zu können. Vorteilhafterweise weist die Drehkolben-Röntgenröhre daher keine elektromagnetische und/oder elektrostatische Ablenkvorrichtung auf. Die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln sind vorzugsweise für eine Flying-Focal-Spot-Ansteuerung in z- und/oder phi-Richtung geeignet. Üblicherweise können die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln derart schnell angeschaltet bzw. abgeschaltet werden, dass ein Sperren des Elektronenstroms, insbesondere ohne Sperrgitter, ermöglicht ist und/oder dass trotz der Rotation der Drehkolben-Röntgenröhre relativ zu einem Untersuchungsobjekt die Richtung der Röntgenstrahlung und/oder der Brennfleck auf der ringförmigen Brennbahn im Wesentlichen konstant gehalten werden kann.

**[0017]** Zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln weist Silizium und/oder Kohlenstoff auf. Die zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel kann insbesondere eine Kohlenstoff-Nanoröhre oder ein Silizium-Nanoröhre sein. Vorteilhafterweise ist der zumindest einen Feldeffekt-Emitternadel eine Strombegrenzungseinrichtung zugeschaltet, welche ein Überlasten der zumindest einen Feldeffekt-Emitternadel verhindern kann. Typischerweise sind die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln, zumindest teilweise, identisch aufgebaut und/oder in Gruppen, beispielsweise in Pixeln, angeordnet.

**[0018]** Ein Anschalten der zumindest einen Feldeffekt-Emitternadel umfasst typischerweise ein Anlegen einer Spannung an die zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel, wodurch Elektronen aus der zumindest einen Feldeffekt-Emitternadel gemäß einem Feldeffekt an einer Spitze der Emitternadel emittiert werden. Die somit emittierten Elektronen treffen typischerweise auf dem Anodenteller auf. Ein Abschalten der zumindest einen Feldeffekt-Emitternadel umfasst typischerweise das Sperren der angelegten Spannung. Im Vergleich zu einer herkömmlichen thermoionischen Elektronen-Emission ist

die Spannung vorteilhafterweise gering, wodurch die zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel mit einer wesentlich höheren Taktfrequenz, beispielsweise im kHz- und/oder MHz-Bereich, angesteuert werden kann. Üblicherweise überwiegt eine Anzahl der abgeschalteten Feldeffekt-Emitternadeln eine Anzahl der angeschalteten Feldeffekt-Emitternadeln. Typischerweise ist ein Winkelbereich, in welchem die angeschalteten Feldeffekt-Emitternadeln liegen, kleiner  $90^\circ$ . In diesem Fall sind die Feldeffekt-Emitternadeln in einem Winkelbereich von  $270^\circ$  typischerweise ausgeschaltet. In diesem Fall könnte also beispielsweise jede vierte Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln angeschaltet sein. Die zumindest einen Feldeffekt-Emitternadel wird typischerweise getaktet angeschaltet und abgeschaltet. Der Takt korreliert typischerweise mit der Drehgeschwindigkeit.

Dass die Elektronen derart steil, insbesondere in dem Einfallswinkel kleiner  $15^\circ$ , auf der Brennbahn auftreffen, hat insbesondere folgende Vorteile:

Ein Anteil der an der Anode zurückgestreuten Elektronen ist vorteilhafterweise kleiner als bei einem größeren Einfallswinkel. In diesem Fall ist also ein Wirkungsgrad der Drehkolben-Röntgenröhre vorzugsweise erhöht. Typischerweise ist der elektrische Strom der zurückgestreuten Elektronen, welcher über das Metall des Vakuumgehäuses abgeführt wird, geringer.

**[0019]** Ein weiterer Vorteil ist insbesondere, dass die zurückgestreuten Elektronen einen im Vergleich zum Einfallswinkel gleich steilen Ausfallswinkel aufweisen, wodurch vorzugsweise weniger zurückgestreute Elektronen auf das ringförmige Austrittsfenster auftreffen. Vorteilhafterweise kann dadurch die extra-fokale Röntgenstrahlung verringert werden im Vergleich zu einem größeren Einfallswinkel.

**[0020]** Es ist weiterhin vorteilhaft, dass die Drehkolben-Röntgenröhre keine elektromagnetische und/oder elektrostatische Ablenkvorrichtung aufweist, weil dadurch ein Gewicht der Drehkolben-Röntgenröhre verringert ist im Vergleich zu einer herkömmlichen Drehkolben-Röntgenröhre mit einer derartigen Ablenkvorrichtung. Die erfindungsgemäße Drehkolben-Röntgenröhre weist insbesondere eine Elektronen-optische Abbildung von 1 zu 1 auf, wodurch vorteilhafterweise keine elektromagnetische und/oder elektrostatische Ablenkvorrichtung benötigt wird.

**[0021]** Die im folgenden beschriebenen Ausführungsformen sind vorteilhafterweise zusätzlich zu der Ausführungsform gemäß Anspruch 1, bei welchem der Einfallswinkel kleiner ist als  $15^\circ$ , vorzugsweise für einen Einfallswinkel kleiner  $5^\circ$ , besonders vorteilhafterweise für einen Einfallswinkel im Wesentlichen gleich  $0^\circ$  geeignet.

**[0022]** Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Kathodenträger kegelförmig ist, wobei die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln auf einer Innenseite des kegelförmigen Kathodenträgers angeordnet sind und wobei der Kegel des Kathodenträgers einen derartigen Innenwinkel aufweist, dass die emittierten Elektronen in dem Ein-

fallswinkel kleiner  $15^\circ$  auf der Brennbahn auftreffen. Der kegelförmige Kathodenträger kann eine flache, insbesondere scheibenförmige Deckseite, aufweisen. Die Deckseite ist insbesondere der zentrale Bereich des Kathodenträgers. Der Kathodenträger, insbesondere die Innenseite des Kathodenträgers, ist vorzugsweise im Wesentlichen komplementär zu dem Anodenteller, insbesondere zu der Mantelfläche des Anodentellers, ausgebildet. Der kegelförmige Kathodenträger ermöglicht vorteilhafterweise, dass das Vakuumgehäuse verkleinert und/oder ein Gewicht des Kathodenträgers verringert werden kann, weil die Form des Kathodenträgers an die Form des Anodentellers angepasst ist. Die Form des Kathodenträgers kann insbesondere die Form des Vakuumgehäuses vorgeben, wobei der Kathodenträger zumindest teilweise vom Vakuumgehäuse beabstandet ist. Besonders vorteilhafterweise weist der Kegel des Kathodenträgers einen derartigen Innenwinkel auf, dass die emittierten Elektronen in dem Einfallswinkel kleiner  $5^\circ$  bzw. in dem Einfallswinkel im Wesentlichen gleich  $0^\circ$  auf der Brennbahn auftreffen.

**[0023]** Eine Ausführungsform sieht vor, dass zwischen den mehreren Feldeffekt-Emitternadeln und dem Kathodenträger zumindest ein Feldeffekt-Emitternadel-Podest derart angeordnet ist, dass die emittierten Elektronen in dem Einfallswinkel kleiner  $15^\circ$  auf der Brennbahn auftreffen. Das zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel-Podest kann insbesondere keilförmig und/oder rotations-symmetrisch und/oder ringförmig sein. Diese Ausführungsform ist insbesondere kompatibel zu dem kegelförmigen Kathodenträger. Alternativ kann das zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel-Podest auf einem flachen Kathodenträger derart angeordnet sein, dass die emittierten Elektronen in dem Einfallswinkel kleiner  $15^\circ$ , vorzugsweise kleiner  $5^\circ$  bzw. in dem Einfallswinkel im Wesentlichen gleich  $0^\circ$ , auf der Brennbahn auftreffen.

**[0024]** Eine Ausführungsform sieht vor, dass zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln in einem Abstand geringer als 5 cm von der Brennbahn angeordnet ist. Besonders vorteilhafterweise ist der Abstand geringer als 2 cm. Der Abstand kann Elektronen-Distanz und/oder E-Distanz genannt sein. Diese Ausführungsform ermöglicht eine Verkleinerung einer Ausdehnung der Drehkolben-Röntgenröhre, insbesondere weil zwischen der Kathode und dem Anodenteller keine elektromagnetische und/oder elektrostatische Ablenkvorrichtung angeordnet ist. Typischerweise ist der Abstand gleich oder größer 1 mm pro 10 kV Beschleunigungsspannung.

**[0025]** Eine Ausführungsform sieht vor, dass der Anodenteller um eine Drehachse mit einer Drehgeschwindigkeit drehbar gelagert ist, wobei die Drehkolben-Röntgenröhre eine Schaltungsvorrichtung aufweist und wobei die Schaltungsvorrichtung dazu ausgebildet ist, zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln in Abhängigkeit der Drehgeschwindigkeit anzuschalten. Die Drehgeschwindigkeit ist insbesondere von einer Drehfrequenz des Anodentellers ab-

hängig. Die Schaltungsvorrichtung kann insbesondere die Drehgeschwindigkeit des Anodentellers ermitteln und/oder vorgeben. Typischerweise ist die Schaltungsvorrichtung dazu ausgebildet, die zumindest eine angeschaltete Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln in Abhängigkeit der Drehgeschwindigkeit abzuschalten. Die Drehachse entspricht typischerweise der z-Achse. Die Drehgeschwindigkeit ist typischerweise größer als 50 Hz, besonders vorteilhafterweise größer als 140 Hz, typischerweise geringer als 200 Hz.

**[0026]** Ein erfindungsgemäßer Drehkolben-Röntgenstrahler weist

- die Drehkolben-Röntgenröhre und
- ein Röntgenstrahlergehäuse auf, wobei das Röntgenstrahlergehäuse, ein Austrittsfenster, ein Kühlmedium und die Drehkolben-Röntgenröhre aufweist.

**[0027]** Das Kühlmedium kann insbesondere flüssig und/oder gasförmig sein. Das Kühlmedium umfasst beispielsweise Luft und/oder Öl und/oder Wasser.

**[0028]** Die Drehkolben-Röntgenröhre ist typischerweise in dem Drehkolben-Röntgenstrahler um die Drehachse drehbar gelagert. Insbesondere sind die Kathode und der Anodenteller relativ zum Röntgenstrahlergehäuse drehbar gelagert, insbesondere mit derselben Drehgeschwindigkeit.

**[0029]** Das Austrittsfenster ist insbesondere relativ zum ringförmigen Austrittsfenster ortsfest. In anderen Worten ändert sich typischerweise ein Hauptbereich des ringförmigen Austrittsfensters, welcher typischerweise dem Austrittsfenster des Röntgenstrahlergehäuses am nächsten liegt, aufgrund der Rotation des Vakuumgehäuses ständig. Dieser Hauptbereich des ringförmigen Austrittsfensters sowie das Austrittsfenster des Röntgenstrahlergehäuses ermöglichen insbesondere das Austreten der Röntgenstrahlung aus dem Vakuumgehäuse und aus dem Röntgenstrahlergehäuse derart, dass mit der Röntgenstrahlung ein Patient und/oder ein Objekt durchleuchtet werden kann. Der Hauptbereich des ringförmigen Austrittsfensters hängt typischerweise von dem Brennfleck ab. Typischerweise kann die Schaltungseinrichtung den variierenden Brennfleck, insbesondere auf der Brennbahn, vorgeben, beispielsweise durch das Anschalten oder Abschalten der zumindest einen Feldeffekt-Emitternadel, vorzugsweise in Abhängigkeit von der Rotation des Anodentellers, wodurch die Elektronen der zumindest einen angeschalteten Feldeffekt-Emitternadel auf dem Anodenteller im Brennfleck vorzugsweise auftreffen.

**[0030]** Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Drehkolben-Röntgenröhre in dem Röntgenstrahlergehäuse drehbar gelagert ist, wobei der Drehkolben-Röntgenstrahler eine Schaltungsvorrichtung aufweist und wobei die Schaltungsvorrichtung derart ausgebildet ist, zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln in Abhängigkeit von dem Austrittsfen-

ter des Röntgenstrahlergehäuses anzuschalten. Vorzugsweise ist die Schaltungsvorrichtung also dazu ausgebildet, dass der Patient und/oder das Objekt mit Röntgenstrahlung durchleuchtet werden kann, wobei die Röntgenstrahlung aus dem ringförmigen Austrittsfenster und dem Austrittsfenster des Röntgenstrahlergehäuses austritt.

**[0031]** Gemäß einer besonderen Ausführungsform ist die Schaltungsvorrichtung dazu ausgebildet, die zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln in Abhängigkeit von der Drehgeschwindigkeit und von dem vorgebbaren Brennfleck auf der Brennbahn sowie insbesondere von dem Austrittsfenster des Röntgenstrahlergehäuses anzuschalten. Typischerweise können die Drehgeschwindigkeit und eine Position des vorgebbaren Brennflecks ineinander umgerechnet werden.

**[0032]** Eine erfindungsgemäße Röntgeneinrichtung weist den Drehkolben-Röntgenstrahler und einen Röntgendetektor auf. Der Röntgendetektor ist typischerweise gegenüber von dem Austrittsfenster des Drehkolben-Röntgenstrahlers angeordnet. Zwischen dem Röntgendetektor und dem Austrittsfenster des Drehkolben-Röntgenstrahlers ist insbesondere der Patient für die medizinische Bildgebung und/oder das Objekt für die Werkstoffprüfung positionierbar. Der Röntgendetektor ist insbesondere zu einem Erfassen der den Patienten und/oder das Objekt durchleuchtenden Röntgenstrahlung ausgebildet. Vorzugsweise kann ein, insbesondere medizinisches, Bild basierend auf der erfassten Röntgenstrahlung rekonstruiert werden. Das Bild weist insbesondere eine höhere Bildqualität auf aufgrund der verringerten extra-fokalen Strahlung.

**[0033]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Grundsätzlich werden in der folgenden Figurenbeschreibung im Wesentlichen gleich bleibende Strukturen und Einheiten mit demselben Bezugszeichen wie beim erstmaligen Auftreten der jeweiligen Struktur oder Einheit benannt.

**[0034]** Es zeigen:

Fig. 1 eine Drehkolben-Röntgenröhre und

Fig. 2 einen Computertomographen.

**[0035]** Fig. 1 zeigt eine Drehkolben-Röntgenröhre 10 in einem Querschnitt entlang einer Rotationsachse der Drehkolben-Röntgenröhre 10. Die Drehkolben-Röntgenröhre 10 weist ein Vakuumgehäuse 11, eine Kathode 12 und einen Anodenteller 13 auf. Der Anodenteller 13 weist eine ringförmige Brennbahn 14 zur Generierung von Röntgenstrahlung mittels Elektronen auf. Der Anodenteller 13 ist kegelförmig und aufgrund einer flachen Deckseite in diesem Ausführungsbeispiel kegelförmig. Die ringförmige Brennbahn 14 ist auf einer Mantelfläche 15 des Anodentellers 13 angeordnet. In dem Vakuumgehäuse 11 sind die Kathode 12 und der Anodenteller

13 relativ zueinander drehfest angeordnet, weil sie in diesem Ausführungsbeispiel fest mit dem Vakuumgehäuse 11 verbunden sind. Die Kathode 12 weist einen vom Vakuumgehäuse 11 zumindest teilweise beabstandeten Kathodenträger 16 und mehrere ringförmig auf dem Kathodenträger 16 angeordnete Feldeffekt-Emitternadeln 17 zur Emission der Elektronen auf. Die Kathode 12 ist derart ausgebildet, dass die emittierten Elektronen in einem Einfallswinkel kleiner  $15^\circ$  auf der Brennbahn 14 auftreffen. Das Vakuumgehäuse 11 weist ein ringförmiges Austrittsfenster 18 auf. Der Kathodenträger 16 weist einen zentralen Bereich ohne Feldeffekt-Emitternadeln auf.

**[0036]** Auf einer Rückseite des Anodentellers 13 ist ein weiterer Bereich dargestellt, welcher insbesondere für eine zusätzliche Kühlung des Anodentellers 13 ausgebildet sein kann. Alternativ oder zusätzlich kann dieser weitere Bereich den Anodenteller 13 mit dem Vakuumgehäuse verbinden.

**[0037]** Schematisch dargestellt in Fig. 1 ist ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel, in welchem der Einfallswinkel kleiner  $5^\circ$  ist, weil die Feldeffekt-Emitternadeln 17 quasi parallel zur Mantelfläche 14 und der ringförmigen Brennbahn 14 angeordnet sind. Grundsätzlich ist es denkbar, dass der Einfallswinkel im Wesentlichen gleich  $0^\circ$  ist. In diesem Fall sind die Feldeffekt-Emitternadeln 17 typischerweise parallel zur Mantelfläche 15 und der ringförmigen Brennbahn 14 angeordnet.

**[0038]** In diesem Ausführungsbeispiel ist der Kathodenträger 16 kegelförmig. Die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln 17 sind auf einer Innenseite des kegelförmigen Kathodenträgers 16 angeordnet. Der Kegel des Kathodenträgers 16 weist einen derartigen Innenwinkel auf, dass die emittierten Elektronen in dem Einfallswinkel kleiner  $15^\circ$  auf der Brennbahn 14 auftreffen.

**[0039]** In Fig. 1 ist nicht die alternative oder zusätzliche Ausführungsform gezeigt, wobei zwischen den mehreren Feldeffekt-Emitternadeln 17 und dem Kathodenträger 16 zumindest ein Feldeffekt-Emitternadel-Podest derart angeordnet ist, dass die emittierten Elektronen in dem Einfallswinkel kleiner  $15^\circ$  auf der Brennbahn 14 auftreffen.

**[0040]** Je nach Konfiguration der Drehkolben-Röntgenröhre 10 ist zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln 17 in einem Abstand A geringer als 5 cm von der Brennbahn 14 angeordnet. Besonders vorteilhafterweise ist der Abstand A geringer als 2 cm.

**[0041]** Fig. 2 zeigt einen Computertomograph 40 in einem Querschnitt entlang einer Rotationsachse eines rotierenden Teil 41 des Computertomographen 40. Der Computertomograph 40 weist das rotierende Teil 41 und ein aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in Fig. 2 gezeigtes stationäres Teil auf. Auf dem rotierenden Teil 41 ist eine Röntgeneinrichtung 30 angeordnet.

**[0042]** Die Röntgeneinrichtung 30 weist einen Drehkolben-Röntgenstrahler 20 und einen Röntgendetektor 31 auf.

**[0043]** Der Drehkolben-Röntgenstrahler 20 weist die

Drehkolben-Röntgenröhre 10 und ein Röntgenstrahlergehäuse 21 auf. Das Röntgenstrahlergehäuse 21 weist ein Austrittsfenster 22, ein Kühlmedium und die Drehkolben-Röntgenröhre 10 auf.

**[0044]** Der Drehkolben-Röntgenstrahler 10 ist in dem Röntgenstrahlergehäuse 21 drehbar gelagert. Der Drehkolben-Röntgenstrahler 20 weist eine Schaltungsvorrichtung 23 auf und ist mit dem Drehkolben-Röntgenstrahler 10 verbunden. Die Schaltungsvorrichtung 23 ist derart ausgebildet, zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren nicht in Fig. 2 gezeigten Feldeffekt-Emitternadeln 17 in Abhängigkeit von dem Austrittsfenster 22 des Röntgenstrahlergehäuses 21 anzuschalten.

**[0045]** Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung dennoch nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

## Patentansprüche

### 1. Drehkolben-Röntgenröhre (10), aufweisend

- ein Vakuumgehäuse (11),
- eine Kathode (12) und
- einen Anodenteller (13) mit einer ringförmigen Brennbahn (14) zur Generierung von Röntgenstrahlung mittels Elektronen,
- wobei der Anodenteller (13) kegelförmig ist und die ringförmige Brennbahn (14) auf einer Mantelfläche (15) des Anodentellers (13) angeordnet ist,
- wobei in dem Vakuumgehäuse (11) die Kathode (12) und der Anodenteller (13) relativ zueinander drehfest angeordnet sind,
- wobei die Kathode (12) einen vom Vakuumgehäuse (11) zumindest teilweise beabstandeten Kathodenträger (16) und mehrere ringförmig auf dem Kathodenträger (16) angeordnete Feldeffekt-Emitternadeln (17) zur Emission der Elektronen aufweist und
- wobei die Kathode (12) derart ausgebildet ist, dass die emittierten Elektronen in einem Einfallswinkel kleiner  $15^\circ$  auf der Brennbahn (14) auftreffen.

### 2. Drehkolben-Röntgenröhre (10) nach Anspruch 1, wobei der Kathodenträger (16) kegelförmig ist, wobei die mehreren Feldeffekt-Emitternadeln (17) auf einer Innenseite des kegelförmigen Kathodenträgers (16) angeordnet sind und wobei der Kegel des Kathodenträgers (16) einen derartigen Innenwinkel aufweist, dass die emittierten Elektronen in dem Einfallswinkel kleiner $15^\circ$ auf der Brennbahn (14) auftreffen.

3. Drehkolben-Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen den mehreren Feldeffekt-Emitternadeln (17) und dem Kathodenträger (16) zumindest ein Feldeffekt-Emitternadel-Podest derart angeordnet ist, dass die emittierten Elektronen in dem Einfallswinkel kleiner  $15^\circ$  auf der Brennbahn (14) auftreffen. 5
4. Drehkolben-Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln (17) in einem Abstand (A) geringer als 5 cm von der Brennbahn (14) angeordnet ist. 10
5. Drehkolben-Röntgenröhre (10) nach Anspruch 4, wobei der Abstand (A) geringer ist als 2 cm. 15
6. Drehkolben-Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Anodenteller (13) um eine Drehachse mit einer Drehgeschwindigkeit drehbar gelagert ist, wobei die Drehkolben-Röntgenröhre eine Schaltungsvorrichtung aufweist und wobei die Schaltungsvorrichtung dazu ausgebildet ist, zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln in Abhängigkeit der Drehgeschwindigkeit anzuschalten. 20 25
7. Drehkolben-Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Einfallswinkel kleiner ist als  $5^\circ$ . 30
8. Drehkolben-Röntgenröhre (10) nach Anspruch 7, wobei der Einfallswinkel im Wesentlichen gleich  $0^\circ$  ist. 35
9. Drehkolben-Röntgenstrahler (20), aufweisend
- eine Drehkolben-Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche und
  - ein Röntgenstrahlergehäuse (21), wobei das Röntgenstrahlergehäuse (21), ein Austrittsfenster (22), ein Kühlmedium und die Drehkolben-Röntgenröhre (10) aufweist. 40
10. Drehkolben-Röntgenstrahler (20) nach Anspruch 9, wobei die Drehkolben-Röntgenröhre (10) in dem Röntgenstrahlergehäuse (21) drehbar gelagert ist, wobei der Drehkolben-Röntgenstrahler (20) eine Schaltungsvorrichtung (23) aufweist und wobei die Schaltungsvorrichtung (23) derart ausgebildet ist, zumindest eine Feldeffekt-Emitternadel der mehreren Feldeffekt-Emitternadeln (17) in Abhängigkeit von dem Austrittsfenster (22) des Röntgenstrahlergehäuses (21) anzuschalten. 45 50 55
11. Röntgeneinrichtung (30), aufweisend den Drehkolben-Röntgenstrahler (20) nach einem der Ansprüche 9 bis 10 und einen Röntgendetektor (31).
12. Computertomograph (40), aufweisend ein stationäres Teil und ein rotierendes Teil (41), wobei auf dem rotierenden Teil (41) die Röntgeneinrichtung (30) nach Anspruch 11 angeordnet ist.

FIG 1

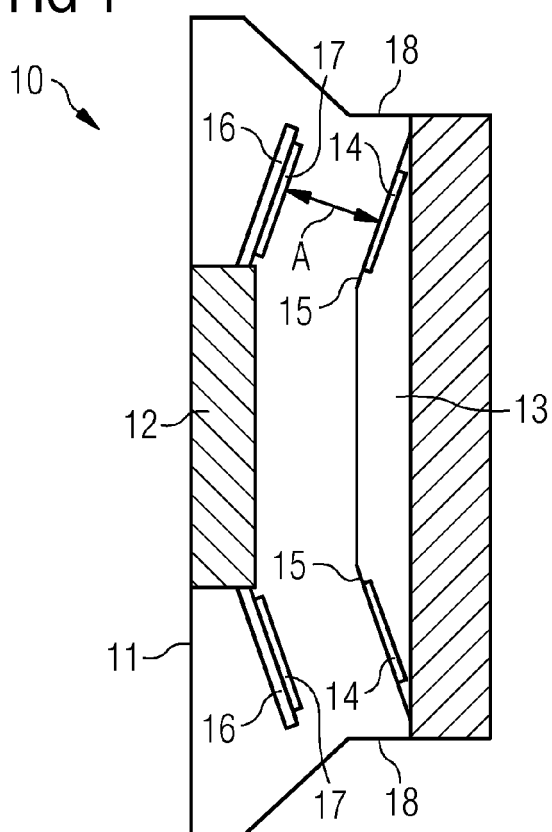
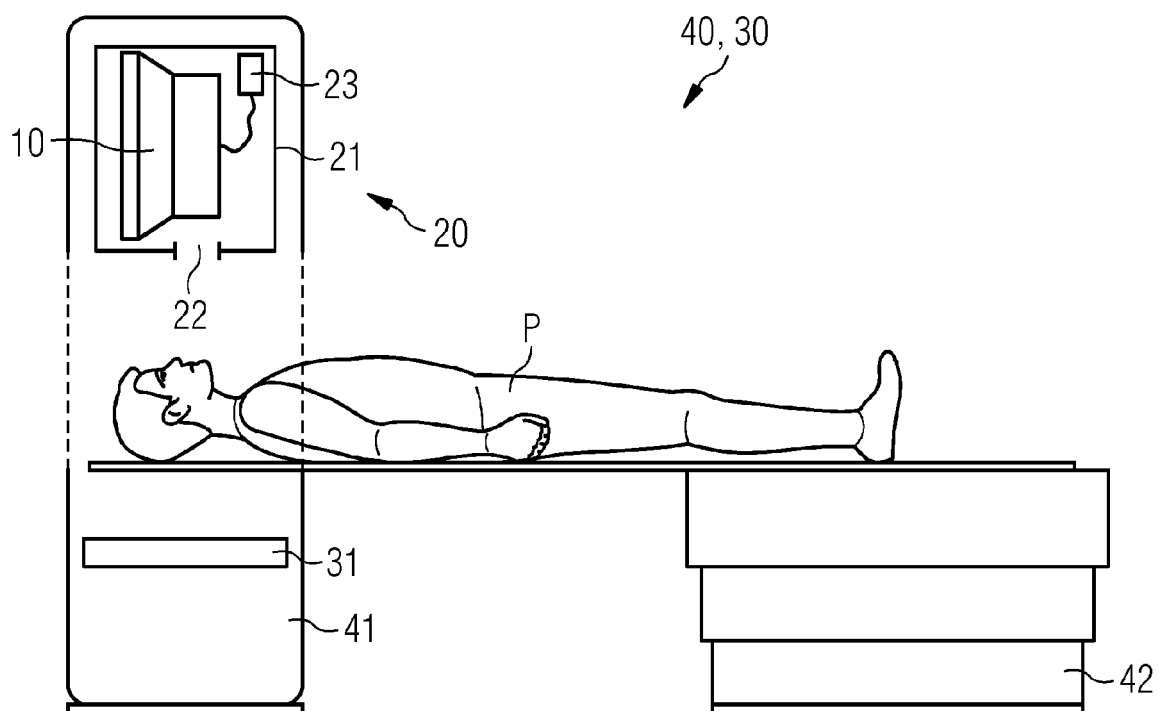


FIG 2







## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 19 21 5135

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2005 049601 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29. März 2007 (2007-03-29) * Absätze [0028], [0019]; Abbildungen 3,4 *	1-12	INV. H01J35/30 H01J35/06
A	EP 2 187 426 A1 (SHIMADZU CORP [JP]) 19. Mai 2010 (2010-05-19) * Absatz [0022]; Abbildung 1 *	1-12	
A	DE 10 2006 024435 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29. November 2007 (2007-11-29) * Abbildung 7 *	1-12	
A,D	US 2018/075997 A1 (KENMOTSU HIDENORI [JP] ET AL) 15. März 2018 (2018-03-15) * Abbildung 3b *	1-12	
A	DE 101 20 808 A1 (SIEMENS AG [DE]) 31. Oktober 2002 (2002-10-31) * Absätze [0014], [0020] *	7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Juni 2020	Prüfer Oestreich, Sebastian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 21 5135

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-06-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005049601 A1	29-03-2007	DE 102005049601 A1	29-03-2007
		JP 2007095689 A	12-04-2007
		US 2007086571 A1	19-04-2007
EP 2187426 A1	19-05-2010	CN 101689465 A	31-03-2010
		EP 2187426 A1	19-05-2010
		EP 2450933 A2	09-05-2012
		JP 4978695 B2	18-07-2012
		JP W02009019791 A1	28-10-2010
		TW 200917308 A	16-04-2009
		US 2010195799 A1	05-08-2010
		WO 2009019791 A1	12-02-2009
DE 102006024435 A1	29-11-2007	DE 102006024435 A1	29-11-2007
		US 2007274453 A1	29-11-2007
US 2018075997 A1	15-03-2018	KEINE	
DE 10120808 A1	31-10-2002	DE 10120808 A1	31-10-2002
		JP 2002334676 A	22-11-2002
		US 2002186816 A1	12-12-2002

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 20180075997 A1 [0003]